B1

การพัฒนาวัสดุกำบังรังสีแกมมาระดับพลังงานต่ำที่มีความยืดหยุ่นที่ประกอบด้วยยางพาราธรรมชาติ ยางสังเคราะห์เอสบีอาร์และบิสมัท

Development Flexible low-energy gamma ray shielding material composing of natural rubber- synthetic SBR and bismuth

นายนิพัฒน์ เขาทอง และ ดุลยพงศ์ วงศ์แสวง

Nipat Kaotong and Doonyapong Wongsawaeng

ภาควิชาวิศวกรรมนิวเคลียร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) จตุจักร กรุงเทพฯ

16 ถ.วิภาวดีรังสิต ลาดยาว จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

E-mail: kaotong313@hotmail.com, E-mail: doonyapong.w@chula.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการขึ้นรูปน้ำยางพรีวัลคาไนซ์และน้ำยางสังเคราะห์เอสบีอาร์ ในอัตราส่วนต่างๆร่วมกับวัสดุกำบังรังสี ได้แก่บิสมัทแบบผง และสารละลายบิสมัทในสัดส่วนที่ต่างกัน โดยใช้เครื่องกวนสารเคมี ที่ความเร็ว 500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 25 นาที และเทลงบนแบบพิมพ์ที่มีความหนา 5 มม. ผลการวิจัยพบว่าส่วนผสมที่ประกอบด้วยน้ำยางพรีวัลคาไนซ์และน้ำยางสังเคราะห์เอสบีอาร์ ในอัตราส่วนในอัตราส่วน 50:50 สามารถลดทอนรังสีแกมมาได้ดีเมื่อเทียบกับสัดส่วนทั้งหมด เมื่อนำมารวมกับบิสมัทชนิดผง 100 phr มีค่าการลดทอนรังสีแกมมาจากต้นกำเนิดรังสี ซีเซียม -137(662 kev) ที่ 27.7 % และไอโอดีน –131(364 kev) ที่ 48.9 % และน้ำยางพรีวัลคาไนซ์และน้ำยางสังเคราะห์เอสบีอาร์ อัตราส่วน 50:50 ร่วมกับบิสมัทชนิดสารละลาย 20 phr มีค่าการลดทอนรังสีแกมมาจากต้นกำเนิดรังสี ซีเซียม -137 (662 kev) ที่ 26.6 % และไอโอดีน –131(364 kev) ที่ 39.4 % และจากการถ่ายภาพด้วยรังสีแกมมาพบว่ามีการกระจายตัวของวัสดุกำบังรังสีสม่ำเสมอทั่วทั้งชิ้นงานและสามารถกำบังรังสีแกมมาจากต้นกำเนิดรังสีพลังงานต่ำได้ดี

Abstract

This research developed a flexible low energy gamma ray shielding material by blending PVNRL and SBR in the presence of radiation shielding materials, bismuth powder and bismuth solution. The results indicate that PVNRL/SBR blend, with the blend ratio of 50/50 in the presence of bismuth can shied low energy gamma rays. The obtained shielding material with 100 phr of bismuth powder gave 27.7 % attenuation of gamma radiation emitted by nuclide ^{137}Cs (662 kev) and 48.9 % attenuation of gamma ray generated by nuclide ^{131}I (364 kev). The presence of 20 phr bismuth solution 26.6 % attenuation of gamma radiation emitted by nuclide ^{137}Cs (662 kev) and 39.4 % attenuation of gamma ray generated by nuclide ^{131}I (364 kev).

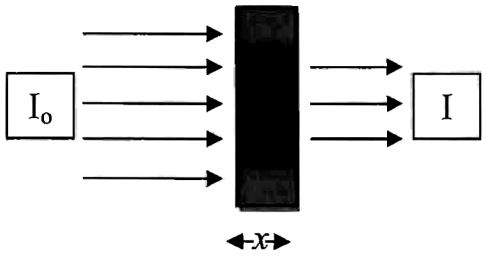
1. บทนำ

รังสีแกมมา (Gamma ray) คือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่ง ที่มีช่วงความยาวคลื่นสั้นกว่ารังสีเอกซ์ (X-ray) ที่มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 10^{-13} ถึง 10^{-7} หรือคลื่นที่มีความยาวคลื่นน้อยกว่า 10^{-13} นั่นเอง การที่ความยาวคลื่นสั้นนั้น ย่อมหมายถึงความถี่ที่สูง และพลังงานที่สูงตามไปด้วย การเกิดอันตรกิริยาของรังสีแกมมากับสสาร มีอยู่ 3 อย่าง ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก (Photoelectric effect) ปรากฏการณ์คอมป์ตัน (Compton effect) ปรากฏการณ์แพร์โปรดักชัน (Pair Production) วัสดุกัมมันตรังสีที่ให้รังสีแกมมา มีการใช้งานอย่างแพร่หลายทั่วไปในปัจจุบัน ในการทำงานเกี่ยวกับสาร

RECEIVED 20 February, 2013

ACCEPTED 5 April, 2013

รังสีจะต้องให้ได้รับปริมาณรังสีให้น้อยที่สุดในการทำงาน เพราะฉะนั้นวัสดุอุปกรณ์กำบังรังสีจะต้องมีคุณสมบัติในการป้องกันรังสีได้ดีและมีน้ำหนักไม่มาก บิสมัทเป็นโลหะหนักจะมีอิเล็กตรอนอยู่เป็นจำนวนมากซึ่งมีเลขอะตอมที่มากกว่าตะกั่ว ทำให้รังสีที่วิ่งมาชนกับอิเล็กตรอนแล้วจะสูญเสียพลังงานบ้างส่วนหรือสูญเสียพลังงานทั้งหมดไปหมด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน



รูปที่1 รังสีแกมมาความเข้ม I_o กระทบสสารหนา x และมีความเข้มหลังผ่านสสาร I

เมื่อรังสีแกมมาความเข้ม I_o กระทบสสารหนา x และมีความเข้มหลังผ่านสสาร I จะได้สมการเอกซ์โพเนนเชียล $I = I_0 e^{-\mu x}$ จากค่า μ สามารถคำนวณค่า HVL (Half Value Layer) และ TVL (Tenth Value Layer) ซึ่งหมายถึงความหนาของตัวกลางที่ทำให้ความเข้มของรังสีแกมมาลดลง 1/2 เท่า และ 1/10 เท่า ของความเข้มเดิม ได้จากสมการ HVL = 0.693/μ และTVL = 2.3/μ

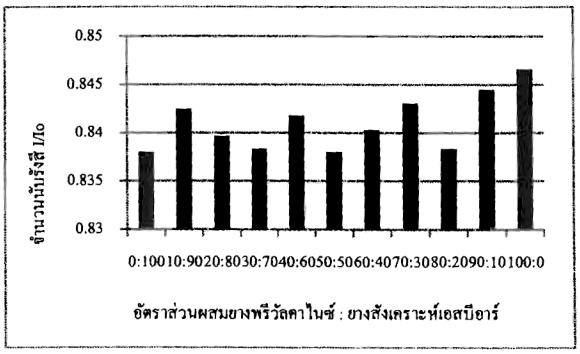
2. การดำเนินการวิจัย

1. นำน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ (Pre-vulcanizable natural rubber latex) และน้ำยางสังเคราะห์เอสบีอาร์(SBR) เทรวมกันในบีกเกอร์โดยมีอัตราส่วนของปริมาตร 0:100,10:90,20:80,30:70,40:60,50:50,60:40,70:30,80:20,90:10 และ0:100 คนส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากัน เทส่วนผสมทั้งหมดลงบนแท่นพิมพ์แล้วทิ้งไว้จนส่วนผสมทั้งหมดแห้ง จัดระบบวัดรังสีแกมมาโดยจัดวางอุปกรณ์ ได้แก่ต้นกำเนิดรังสีแกมมาในตะกั่ว และหัววัดรังสีแกมมาด้านบนระยะห่าง 25 ซ.ม.ทำการนับวัดรังสีแกมมาในธรรมชาติแล้วทำการวัดค่ารังสีเริ่มต้น จำนวน 3 ครั้งหาค่าเฉลี่ย นำแผ่นยางที่มีส่วนผสมต่างๆกัน วางไว้ที่ตำแหน่งระหว่างต้นกำเนิดรังสีแกมมากับหัววัดรังสีทำการนับวัดรังสีแกมมา ทำซ้ำ 3 ครั้งหาค่าเฉลี่ยจนครบทุกส่วนผสมดังแสดงผลการนับวัดรังสีแกมมาจากต้นกำเนิดรังสีซีเซียม-137 (Cs-137)และไอโอดีน-131 (^{131}I) ในรูปที่ 2 และรูปที่ 3

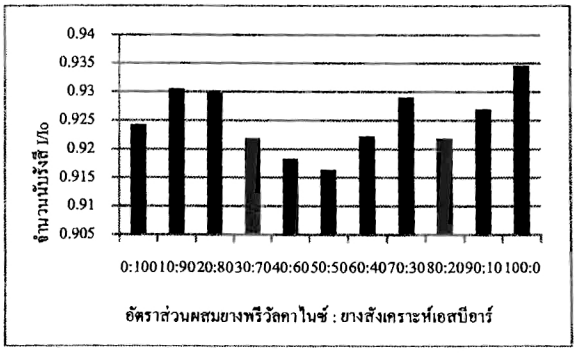
2. นำน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ และน้ำยางสังเคราะห์เอสบีอาร์ อัตราส่วนของปริมาตรที่ 50:50 ที่ปริมาณ 100 กรัม คนส่วนผสมในบีกเกอร์ให้เข้ากันเป็นเวลา 10 นาที นำบิสมัทแบบผง 100 กรัม เทลงในบีกเกอร์และกวนให้เข้ากัน เทส่วนผสมทั้งหมดลงบนแท่นพิมพ์แล้วทิ้งไว้จนแห้ง จัดระบบวัดรังสีแกมมา ได้แก่ ต้นกำเนิดรังสีแกมมา และหัววัดรังสีแกมมาด้านบนระยะห่าง 25 ซ.ม.ทำการนับวัดรังสีแกมมาในธรรมชาติแล้วทำการวัดค่ารังสีเริ่มต้น จำนวน 3 ครั้งหาค่าเฉลี่ย นำแผ่นยางที่ผสมกับบิสมัทแบบผง วางไว้ที่ตำแหน่งระหว่างต้นกำเนิดรังสีแกมมากับหัววัดรังสีทำการนับวัดรังสีแกมมา ทำซ้ำ 3 ครั้ง หาค่าเฉลี่ยและเพิ่มความหนาของแผ่นยางครั้งละ 0.5 ซม.ดังแสดงผลการนับวัดรังสีแกมมาจากต้นกำเนิดรังสีซีเซียม-137 (Cs-137) และไอโอดีน-131 (^{131}I) ในรูปที่ 4

3. นำน้ำยางพรีวัลคาไนซ์ และน้ำยางสังเคราะห์เอสบีอาร์ อัตราส่วนของปริมาตร ที่ 50:50 ปริมาตร 400 มิลลิลิตร คนส่วนผสมให้เข้ากัน เป็นเวลา 10 นาที นำสารละลายบิสมัทที่ 80 มิลลิลิตร เทลงในบีกเกอร์และกวนให้เข้ากัน เป็นเวลา 25 นาที เทส่วนผสมทั้งหมดลงบนแท่นพิมพ์แล้วทิ้งไว้จนแห้ง และจัดระบบวัดรังสีแกมมา ได้แก่ต้นกำเนิดรังสีแกมมาและหัววัดรังสีแกมมา ทำการนับวัดรังสีแกมมา ในธรรมชาติแล้วทำการบันทึกค่ารังสีเริ่มต้น จำนวน 3 ครั้งหาค่าเฉลี่ย นำแผ่นยางที่ผสมกับสารละลายบิสมัท วางไว้ที่ตำแหน่งระหว่างต้นกำเนิดรังสีแกมมากับหัววัดรังสี ทำการนับวัดรังสีแกมมา ทำซ้ำ 3 ครั้ง หาค่าเฉลี่ย และทำการเพิ่มความหนาของแผ่นยางครั้งละ 0.5 ซม. ดังแสดงผลการนับวัดรังสีแกมมาจากต้นกำเนิดรังสีซีเซียม-137 (Cs-137) และไอโอดีน-131 (^{131}I) ในรูปที่ 4 - 5

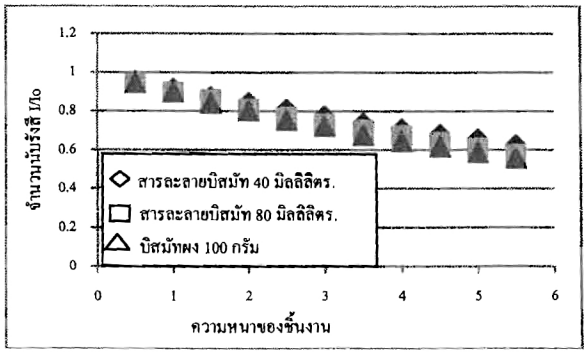
4. นำแผ่นยางวางซ้อนทับกัน และจัดเรียงบนแผ่นฟิล์ม ทำการถ่ายภาพรังสีแกมมาโดยใช้ต้นกำเนิดรังสี Selenium 75 (Se-75) เป็นเวลา 15 นาทีตามรูปที่ 6



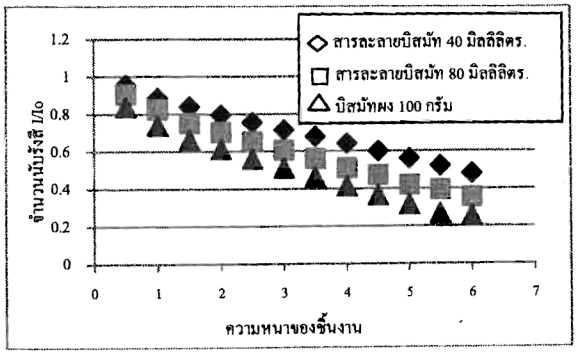
รูปที่ 2 กราฟจำนวนนับวัดรังสีแกมมาจากซีเซียม-137 (Cs-137) ของยางพรีวัลคาไนซ์กับยางสังเคราะห์เอสบีอาร์ในอัตราส่วนต่างๆ



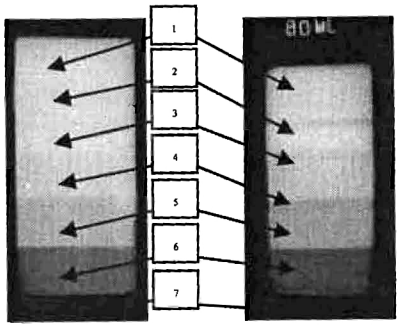
รูปที่ 3 กราฟจำนวนนับวัดรังสีแกมมาจากไอโอดีน-131 (^{131}I) ของยางพรีวัลคาไนซ์ กับยางสังเคราะห์เอสบีอาร์ในอัตราส่วนต่างๆ



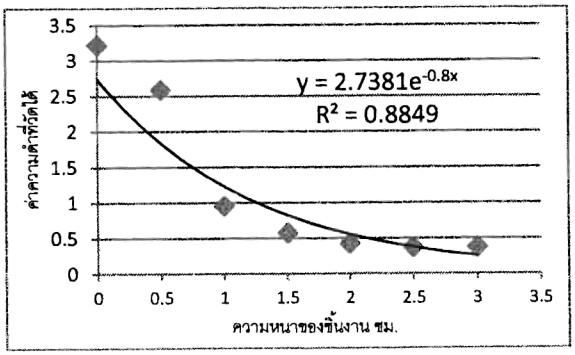
รูปที่ 4 กราฟการกำบังรังสีแกมมาจาก ต้นกำเนิดรังสีแกมมา ซีเซียม -137



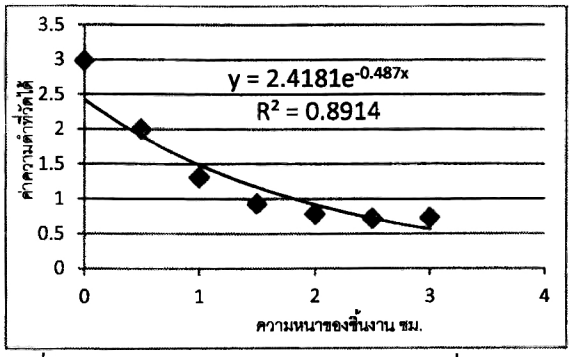
รูปที่ 5 กราฟการกำบังรังสีแกมมาจาก ต้นกำเนิดรังสีแกมมา ไอโอดีน -131



รูปที่ 6 (ซ้าย) ภาพถ่ายรังสีแกมมายางพรีวัลคาไนซ์ กับยางสังเคราะห์เอสบีอาร์ที่อัตราส่วน 50:50 ปริมาตร 100 มิลลิลิตรผสมกับบิสมัทแบบผง ปริมาตร 100 กรัม และ (ขวา) น้ำยางธรรมชาติกับน้ำยางสังเคราะห์เอสบีอาร์ที่อัตราส่วน 50:50 ปริมาตร 400 มิลลิลิตรมาผสมกับสารละลายบิสมัท ปริมาตร 80 มิลลิลิตร



รูปที่ 6 กราฟแสดงค่าความดำตามจุดในภาพที่ 4 (ซ้าย)



รูปที่ 7 กราฟแสดงค่าความดำตามจุดในรูปที่ 6 (ขวา)

3. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้สามารถผลิตวัสดุกำบังรังสีแกมมาพลังงานต่ำที่ได้จากการขึ้นรูปน้ำยางพรีวัลคาไนซ์และน้ำยางสังเคราะห์เอสบีอาร์ในอัตราส่วน 50:50 สารละลายบิสมัทที่ 20 phr โดยใช้วิธีการผสมด้วยเครื่องกวนสารเคมี เป็นเวลา 25 นาที และเทลงบนแท่นพิมพ์ปูนพลาสเตอร์ที่มีความหนา 0.5 ซม. จากผลการวิจัยพบว่าจำนวนนับรังสีที่ได้จากต้นกำเนิดรังสีแกมมาพลังงานต่ำ ความหนาของชิ้นงานวัสดุกำบังรังสีแกมมามีความสัมพันธ์ต่อความหนาของชิ้นงานวัสดุกำบังรังสีแกมมา โดยเมื่อความหนาเพิ่มขึ้นจะทำให้จำนวนนับรังสีแกมมาจากต้นกำเนิดรังสีมีค่าลดลงแบบเอกซ์โปเนนเชียลจากต้นกำเนิดรังสีแกมมา ซีเซียม -137 และไอโอดีน -131 ดังสมการเชิงเส้น $y = -0.033x + 0.952$ โดยมีค่า $R^2 = 0.988$ สำหรับกราฟจำนวนนับรังสีแกมมาจาก ซีเซียม-137 (Cs-137) และสมการเชิงเส้น $y = -0.091x + 0.897$ โดยมีค่า $R^2 = 0.983$ สำหรับกราฟจำนวนนับรังสีแกมมาจากไอโอดีน -131 เมื่อความหนาของชิ้นงานเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าร้อยละของการลดทอนรังสีแกมมามีค่าเพิ่มขึ้นในลักษณะลอการึม ดังสมการ $y = -0.17\ln(x) + 1.018$ โดยมีค่า $R^2 = 0.941$จากต้นกำเนิดซีเซียม -137 และสมการเชิงเส้น $y = -0.091x + 0.897$ และ $R^2 = 0.983$ จากไอโอดีน -131โดยความหนาที่เหมาะสมในการนำไปใช้งานเป็นวัสดุกำบังรังสีแกมมาพลังงานต่ำคือที่ความหนา 3 ซม.ที่ได้จากการนำชิ้นงานที่มีความหนา 0.5 ซม. มาเรียงซ้อนกัน 6 ชิ้น ส่วนผสมบิสมัทแบบผงมีค่าการลดทอนรังสีแกมมาจากต้นกำเนิดรังสี ซีเซียม -137 ที่ 27.7 % และไอโอดีน –131ที่ 48.9 % และบิสมัทชนิดสารละลาย 20 phr มีค่าการลดทอนรังสีแกมมาจากต้นกำเนิดรังสี ซีเซียม -137ที่ 26.6 % และไอโอดีน –131ที่ 39.4 % ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าวัสดุกำบังรังสีแกมมาพลังงานต่ำที่ผลิตได้นี้สามารถกำบังรังสีแกมมาในย่านพลังงานต่ำได้ดี งานวิจัยชิ้นนี้มีประโยชน์สำหรับการทำเสื้อกำบังรังสีแกมมาสามารถลดปริมาณรังสีแกมมาที่มีผลกระทบต่อบุคคลที่ทำงานเกี่ยวข้องกับรังสี เพื่อความปลอดภัยของผู้ที่ปฏิบัติงานทางด้านรังสีในโรงพยาบาล โรงงานอุตสาหกรรม และห้องปฏิบัติการทางด้านรังสีและที่สำคัญราคาต้นทุนต่ำ และไม่เป็นอันตรายต่อร่างกายคนและสิ่งแวดล้อม สำหรับรูปที่ 6-7 ถ่ายรูปชิ้นงานด้วยรังสีแกมมามีความดำ (Radiographic Density) ในแต่ละตำแหน่งของชิ้นงานที่ใกล้เคียงกันแสดงให้เห็นว่าชิ้นงานสามารถกำบังรังสีแกมมาได้อย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งชิ้นงาน

เอกสารอ้างอิง

[1] Jackson Heighte, Jan M.Krol ได้ทำการวิจัยเรื่อง Flexible radiation Shielding Material ซึ่งเป็นการศึกษาเกี่ยวกับความสามารถของยางพาราธรรมชาติ กับวัสดุที่ลดทอนรังสีแกมมามี ดีบุก บิสมัท พลวง แบเรียม แคดเมียม เงิน และตะกั่ว ในรูปวัสดุที่เป็นผงในอัตราส่วนต่างๆ

[2] พงษ์ธร แซ่อุย.ยาง: ชนิด สมบัติ และการใช้งาน. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน), 2548.

[3] นวลฉวี รุ่งธนเกียรติ. วิทยาศาสตร์นิวเคลียร์. กรุงเทพ: สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2545.

[4] ศลักษณ์ ทรรพนันทน์. เคมีนิวเคลียร์.สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2527.

[5] สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ. การป้องกันอันตรายจากรังสีระดับ1 - 2 .กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

[6] เทคโนโลยียาง อุตสาหกรรมยางสถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร และกรมวิทยาศาสตร์บริการ. มีนาคม 2541.

[7] วราภรณ์ ขจรไชยกูล ผลิตภัณฑ์จากน้ำยางธรรมชาติกรมวิชาการเกษตร และกรมวิทยาศาสตร์บริการ. มกราคม. 2537 .

[8] วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี.ยาง SBR .ยางพาราธรรมชาติ บิสมัท กรดกำมะถัน [ออนไลน์]. http://th.wikipedia.org. (วันที่ค้นข้อมูล: มีนาคม 2554).